



Espacenet

Bibliographic data: EP 0695558 (A2)

Telemetry device, in particular for tissue stimulating system

Publication date: 1996-02-07

Inventor(s): HASTINE ALLEN K [US] ±

Applicant(s): BIOTRONIK MESS & THERAPIEG [DE] ±

Classification:

- **international:** **A61N1/08; A61N1/372;** (IPC1-7): A61N1/372
- **European:** A61N1/08; A61N1/372C; A61N1/372D

Application number: EP19950250119 19950518

Priority number(s): DE19944417927 19940519

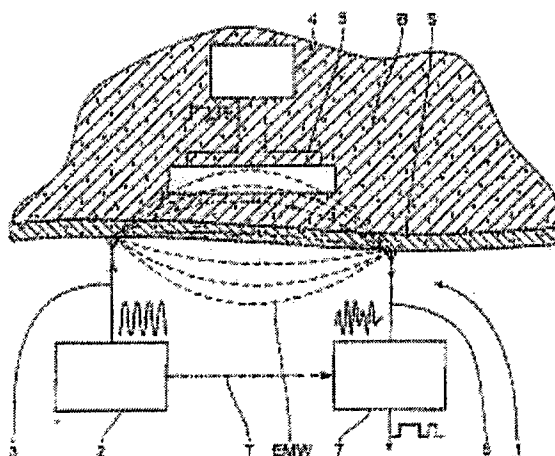
Also published as:

- EP 0695558 (A3)
- EP 0695558 (B1)
- DE 4417927 (A1)

Cited documents: US4361153 (A) US4160971 (A) US4571589 (A) US4532932 (A) [View all](#)

Abstract of EP 0695558 (A2)

Tissue stimulators and body condition sensors may be monitored telemetrically by the use of an implant (4, 5) within the tissue (B) and an electromagnetic oscillation or impulse transmitter (2, 3) and receiver (6, 7) outside the body. The transmitter and receiver are placed in a fixed position to one another. When a pulse is transmitted through the antenna (3), the implant (5) changes its electromagnetic properties. The changed signal is sent to the receiver (7). A tuning device eliminates interference. Sampling switches are incorporated in the receiver. Either an analog or a digital output can be obtained.



Last updated: 26.04.2011 Worldwide Database 5.7.23.1; 93p



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 695 558 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
07.02.1996 Patentblatt 1996/06

(51) Int Cl.⁶: **A61N 1/372**

(21) Anmeldenummer: **95250119.5**

(22) Anmeldetag: **18.05.1995**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR IT NL SE

(72) Erfinder: **Hastine, Allen K.**
Aurora, Oregon 97002 (US)

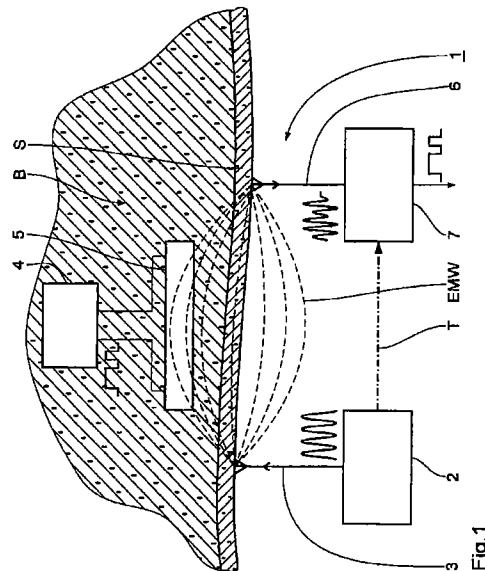
(30) Priorität: **19.05.1994 DE 4417927**

(74) Vertreter: **Christiansen, Henning, Dipl.-Ing.**
D-14195 Berlin (DE)

(71) Anmelder: **BIOTRONIK Mess- und
Therapiegeräte GmbH & Co Ingenieurbüro
Berlin
D-12359 Berlin (DE)**

(54) **Telemetrievorrichtung, insbesondere für ein Gewebestimulator-System**

(57) Telemetrievorrichtung, insbesondere für ein Gewebestimulator-System oder einen Körperzustands-sensor, mit einem in einen Körper (B) implantierten Teil (4, 5) sowie einem außerhalb des Körpers angeordneten Teil (2, 3, 6, 7), einem Sende- und einem Empfangselement (3, 6), einer mit dem Sendeelement (3) verbundenen Sendeeinheit (2) zur Erzeugung elektromagnetischer Schwingungen oder Impulse und einer mit dem Empfangselement (6; 6.1) verbundenen Empfangseinheit (7) zur Verarbeitung empfangener elektromagnetischer Schwingungen oder Impulse, bei der die Sendeeinheit (2) mit dem als Sendeantenne (3) ausgebildeten Sendeelement und die Empfangseinheit (7) mit dem als Empfangsantenne (6) ausgebildeten Empfangselement außerhalb des Körpers angeordnet sind, wobei Sende- und Empfangsantenne in einer festen Lage zueinander angeordnet sind, und der in den Körper implantierte Teil ein Element (5) zur Veränderung der elektromagnetischen Eigenschaften der Übertragungsstrecke zwischen Sende- und Empfangsantenne aufweist.



EP 0 695 558 A2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine passive Telemetrie-
vorrichtung der im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebe-
nen Art.

Eine solche Telemetrie-
vorrichtung ist aus der Druck-
schrift US 4,223,679 A1 bekannt. Ihre funktionsbestim-
menden Komponenten sind eine externe Sende-/Emp-
fangseinrichtung mit einem Sender- und Empfänger-
schwingkreis und ein mit einem implantierten Gerät -
etwa einem Gewebestimulatur - verbundener LC- oder
LR-Kreis ("impedance reflecting circuit"). Der interne
und der externe Kreis sind über ihre einander benach-
bart angeordneten Induktivitäten magnetisch gekoppelt.
Ein von dem implantierten Gerät nach außen zu über-
tragendes Signal wird über einen VCO in ein Span-
nungssignal umgewandelt, mit dem ein FET angesteuert
wird. Dieser verändert die Impedanz des internen LC-
oder LR-Kreises und verstimmt damit den Ausgang des
mit diesem gekoppelten externen Oszillators.

Diese Vorrichtung weist den Nachteil auf, daß die
Übertragungseigenschaften stark von der Anordnung
der Spulen des internen Sende- und des externen Emp-
fangskreises relativ zueinander abhängen und durch
elektromagnetische Störfelder und metallische Fremd-
körper sowie auch das Gehäuse des Stimulators stark
beeinflusst werden. Die Übertragung funktioniert nur auf
sehr kurze Distanzen von wenigen Zentimetern.

Aus EP 0 362 611 A1 ist eine Telemetrie-
vorrichtung bekannt, die zwei externe Elektroden, die gemeinsam ei-
nen Sende- und Empfangsdipol bilden, aufweist und als
Empfangselektroden die ventrikuläre und die indifferen-
te Elektrode eines Herzschrittmachers nutzt. Hier erfolgt
die Übertragung mittels elektrolytisch-galvanischer
Kopplung über die intra- und extrazellulären Körperflüs-
sigkeiten. Diese Vorrichtung erfordert zwei nicht zu nahe
beieinander liegende interne Elektroden und ist eben-
falls relativ stör anfällig.

Aus EP 0 179 536 A2 ist eine Anordnung zur Ener-
gie- und Signalübertragung zu implantierten Prothesen
- im erläuterten Beispiel speziell einer Gehörprothese -
bekannt, die insgesamt drei abgestimmte Spulen auf-
weist, von denen eine eine externe Sende-, die zweite
eine interne Empfangsspule und die dritte mit der Sen-
despule gekoppelt ist und die Übertragungsverluste ver-
ringert. Auch bei dieser Anordnung müssen die extern
und die intern angeordneten Spulen einander nahe be-
nachbart sein und die Übertragung ist anfällig für äußere
elektromagnetische Störungen. In der Druckschrift wird
keinerlei Bezug zur passiven Telemetrie hergestellt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine pas-
sive Telemetrie-
vorrichtung der eingangs genannten Gat-
tung so weiterzubilden, daß die Lage- und Störempfind-
lichkeit entscheidend verringert wird.

Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den
Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Die Erfindung schließt den Gedanken ein, sowohl
eine Sende- als auch eine Empfangsantenne eines pas-

siven Telemetriesystems für ein implantiertes Gerät in
fester, vorteilhaft gewählter Lagebeziehung zueinander
außerhalb des Körpers anzuordnen, wobei beim implan-
tierten Gerät innerhalb des Körpers ein Element vorge-
sehen ist, über das die elektromagnetischen Eigen-
schaften (komplexer Widerstand bzw. Leitfähigkeit) des
Übertragungskanals geändert werden können. Dieses
Element wirkt aber nicht selbst als Sender oder Empfän-
ger und auch nicht als ein in einen externen Schwingkreis
verstimmendes Element.

Durch dieses Prinzip lassen sich die sich aus Ver-
änderungen der Relativposition von Sender und Emp-
fänger bei bekannten Anordnungen ergebenden Störün-
gen nahezu völlig ausschalten und der Einfluß äußerer
elektromagnetischer Felder kann erheblich verringert
werden.

Das Element zur Veränderung der elektromagneti-
schen Eigenschaften der Übertragungsstrecke ist insbe-
sondere eine mit einem Signalausgang des implantierten
Teiles verbundene Spule mit in Abhängigkeit von
ausgegebenen Signalen veränderbarem komplexem
Widerstand. Diese in der Nähe der externen Sende- und
Empfangsspule implantierte Spule moduliert in Abhän-
gigkeit von ihr zugeführten Signalen den Widerstand
bzw. die Leitfähigkeit der Sender-Empfänger-Strecke.

Wenn in einer vorteilhaften Ausbildung der Sende-
und der Empfangsspule eine induktive Abstimmvorrich-
tung zugeordnet ist, mittels derer eine Auslöschung des
von der Sendespule im Raumbereich der Emp-
fangsspule erzeugten Magnetfeldes vorgenommen
werden kann, kann in einem bestimmten Anfangszu-
stand etwa Stromlosigkeit in der Empfangsspule einge-
stellt werden. Erfolgt dann eine Modulation des (komple-
xen) Widerstandes der Übertragungsstrecke, wird wie-
der ein Strom induziert, dessen Größe ein Maß für die
Widerstandsänderung der implantierten Spule ist und
somit die dieser zugeführten Signale reflektiert.

Die Abstimmvorrichtung für die Sende-/Empfangs-
einrichtung weist etwa eine oder mehrere veränderbare
Drahtschleife(n) bzw. -windung(en) auf, wobei etwa ei-
nige "feste" Wicklungen zum Grobabgleich und eine be-
wegliche Schleife zur Feinabstimmung vorgesehen sein
können.

Die Sende- und Empfangsspule sind in vorteilhafter
Ausbildung jeweils ringförmig, insbesondere in Gestalt
eines Kreises, Ovals oder Rechtecks, ausgebildet und
konzentrisch zueinander im wesentlichen in derselben
Ebene angeordnet. Daneben ist aber eine Vielzahl wei-
terer geometrischer Ausbildungen und Anordnungen
möglich, wenn nur eine magnetische Kopplung zwi-
schen beiden gewährleistet ist. Die Spule können auch
in aufeinander senkrecht stehenden Ebenen gewickelt
sein, und es können mehrere, in verschiedenen Ebenen
angeordnete, Sende- und/oder Empfangsspulen vorge-
sehen sein.

In einer vorteilhaften Ausbildung weist die Emp-
fangeinheit einen Triggersignaleingang auf, der mit ei-
nem Triggersignalausgang der Sendeeinheit verbunden

ist, wodurch anhand eines Vergleiches der Phase des Empfangssignals mit dem Triggersignal Phasenverschiebungen auf der Übertragungsstrecke nachgewiesen werden können. Damit lassen sich in einfacher Weise Modulationen durch die implantierte Spule nachweisen und Störungen durch metallische Fremdkörper oder elektromagnetische Störfelder weitgehend unterdrücken.

Zur Eliminierung des Einflusses von Amplitudenänderungen kann die Empfangs- und Auswertungseinheit Mittel zum selektiven Sampling umfassen, wodurch ein ausschließlicher Nachweis von Phasenverschiebungen im Empfangssignal erfolgen kann.

Im einzelnen kann sie insbesondere eine Phasenschieberschaltung, eine mit deren Ausgang und einem Steuersignalausgang der Sendeeinheit verbundene (somit über ein Signal von der Sendeeinheit getriggerte) Sample-and-Hold-Schaltung und einen mit deren Ausgang verbundenen Schwellwertdetektor aufweisen. Mit dieser Anordnung werden konstante Signalanteile ausgelöscht, die etwa vom metallischen Gehäuse eines Schrittmachers herrühren, und aus dem Empfangssignal werden die über die implantierte Spule modulierten Anteile extrahiert.

Zur Signalübermittlung nach außen weist der implantierte Teil insbesondere Mittel zur Umsetzung der zu übermittelnden Information in Änderungen des komplexen Widerstands der mit seinem Ausgang verbundenen Spule - speziell Mittel zur analogen Umsetzung (Phasenmodulation) und/oder eine Vorrichtung zur digitalen Verschlüsselung (Pulsmodulation) auf. Auf der Empfängerseite sind entsprechende Demodulations- bzw. Entschlüsselungsmittel vorzusehen.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet bzw. werden nachstehend zusammen mit der Beschreibung der bevorzugten Ausführung der Erfindung anhand der Figuren näher dargestellt. Es zeigen:

Figur 1 ein stark schematisiertes Blockschaltbild einer Ausführungsform der Erfindung,

Figur 2 eine Darstellung der geometrischen Anordnung der Sende- und Empfangsspule bei einer Ausführungsform der Erfindung und

Figur 3 ein vereinfachtes Blockschaltbild der Sende- und Empfangseinheit bei einer speziellen Ausführungsform der Erfindung.

Fig. 1 zeigt schematisch eine Telemetrieanordnung 1, mit der das Prinzip der Erfindung verdeutlicht wird. Eine Sendeeinheit 2, in der sinusförmige elektromagnetische Schwingungen mit einer Frequenz von einigen bis zu einigen zehn kHz mit konstanter Amplitude erzeugt werden, ist mit einer auf oder nahe der Hautoberfläche S eines Körpers B angeordneten Sendeantenne 3 verbunden, über die diese Schwingungen als elektroma-

gnetisches Wellenfeld EMW abgestrahlt werden.

Im Körperinneren B befindet sich ein implantiertes Teil - etwa ein Gewebestimulatur - 4, das eine nahe der Hautoberfläche S und in der Nähe der Sendeantenne 3 angeordnetes steuerbares Element 5 aufweist, über das die elektromagnetischen Eigenschaften (insbesondere der Widerstand bzw. die Leitfähigkeit) des umgebenden Körpergewebes und damit die Ausbreitungsbedingungen für das elektromagnetische Wellenfeld EMW verändert werden können. Von dem implantierten Teil kann das steuerbare Element etwa - wie in der Figur symbolisch dargestellt - mit Impulsfolgen angesteuert werden, womit eine entsprechende Modulation des Wellenfeldes EMW bewirkt werden kann.

Wiederum auf oder nahe der Hautoberfläche ist eine Empfangsantenne 6 angeordnet, über die die elektromagnetischen Wellen EMW empfangen und das - in der Figur symbolisch als modulierte Sinusschwingung dargestellte - Empfangssignal einer Empfangseinheit 7 zugeleitet werden können. In der Einheit 7 erfolgt unter Zuhilfenahme eines vom Sender 2 gelieferten Steuer- oder Triggersignals T eine Verarbeitung, in deren Ergebnis - wie in der Figur durch den Rechteckimpulszug beim Element 7 verdeutlicht - ein dem von dem implantierten Teil 4 abgegebenen Signal adäquates Signal extern bereitsteht.

Die Anordnung kann dazu dienen, Informationen von einem implantierten Gewebestimulatur - etwa ein intrakardiales EKG von einem Herzschrittmacher mit Mitteln zur Erfassung der Herzaktionspotentiale, Batteriezustandsinformationen, Typkennungen o.ä. - nach außen zu übertragen, wo sie dem Arzt zur Analyse zur Verfügung stehen, gespeichert werden können etc.. Ebenso ist sie - unabhängig von einem Gewebestimulatur - zur Übertragung von Meßwerten von implantierten Sensoren nach außerhalb des Körpers geeignet.

Fig. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel für eine auf einem Bereich der Hautoberfläche S eines Patienten aus Kupferdraht gewickelte Antennen-Anordnung 3.1, 6.1 in Gestalt zweier konzentrischer, elliptischer Spulen, von denen die innere - die Empfangsspule 6.1 - eine kleine Achse von etwa 2 cm Länge und die äußere - die Sendespule 3.1 - eine kleine Achse von etwa 4 cm Länge aufweist. Die Sendespule 3.1 hat im Beispiel eine Induktivität von 31 mH, die Empfangsspule eine solche von 35 mH.

Zur Auslöschung des von der Sendespule im Inneren der Empfangsspule erzeugten Magnetfeldes im abgeglichenen Zustand der Anordnung sind einige Windungen Draht der Sendespule mit entgegengesetzter Wicklungsrichtung um die Empfangsspule gewickelt. Mittels einer kleinen Schleife 8 erfolgt ein Feinabgleich der Anordnung, bis der Pegel des Empfangssignals bei Abwesenheit metallischer Gegenstände mindestens 40 dB unterhalb des Pegels des Sendesignals liegt.

Die Lage und Form der als Sende- bzw. Empfangsantenne dienenden Spulen kann gegenüber Fig. 2 in verschiedenartigster Weise abgewandelt sein: Eine kreis-

runde oder ovale Form ist ebenso möglich wie eine drei- oder mehreckige (insbesondere auch rechteckige) oder etwa eine D-ähnliche Form etc. und die Spulen müssen nicht in derselben Ebene liegen. Die Auswertung übertragender Signale wird jedoch wesentlich erleichtert, wenn ein Abgleich derart möglich ist, daß bei Abwesenheit metallischer Gegenstände und in einem stationären Anfangszustand des implantierten Teils keine nennenswerte Kopplung zwischen beiden Antennen (Spulen) besteht, d.h. die Empfangsantenne bzw. -spule im wesentlichen stromlos ist.

Fig. 3 zeigt ein vereinfachtes Blockschaltbild einer Sendeeinheit 2 und einer Empfangseinheit 7 mit der in Fig. 2 näher gezeigten Spulenordnung 3.1, 6.1 in einer Ausführungsform der Erfindung, wobei Stromversorgungs-, Filter-, Bedien- u.ä. Elemente weggelassen sind.

Die Sendeeinheit 2 weist einen Taktgenerator 21 auf, der Rechteckimpulse erzeugt. Dessen Ausgang ist mit den Eingängen eines Sinuswellengenerators 22 und eines Einzelimpulserzeugers ("one-shot") 23 verbunden. Von ersterem werden die erzeugten Schwingungen mit einer Frequenz von 15,625 kHz der Sendespule 3.1 zugeführt, über die sie als elektromagnetische Wellen abgestrahlt werden. Von letzterem werden Einzelimpulse als Triggersignal T einem Steuersignalazgang 24 und von dort einem Steuereingang 71 der Empfangseinheit 7 zugeführt.

Die Empfangseinheit 7 weist einen Eingangsverstärker 72 mit hoher Verstärkung (etwa 100 oder mehr) auf, dessen Ausgang mit einer Phasenschieberschaltung 73 verbunden ist. An dieser erfolgt eine Justierung der Nullpunktlage des verstärkten Empfangssignals derart, daß der Einfluß des Metallgehäuses eines (nicht gezeigten) implantierten Schrittmachers auf das der Weiterverarbeitung zugeführte Signal eliminiert ist, d.h. nur der modulierte Anteil des Empfangssignals weiterverarbeitet wird.

Dieses gelangt vom Ausgang der Phasenschieberschaltung 73 zum Signaleingang einer Sample-and-Hold-Schaltung 74, die auch mit dem Steuersignaleingang 71 verbunden ist und über diesen das Triggersignal T empfängt. Diese erfaßt zu den Triggerzeitpunkten jeweils die Amplitude des phasenverschobenen Signals, die die im implantierten Teil aufgeprägte Modulation repräsentiert. Das Ausgangssignal der Sample-and-Hold-Schaltung 74 wird einem Schwellwertdetektor 75 zugeführt, der es in digitale Signale umwandelt und diese zur weiteren Auswertung ausgibt.

Die Erfindung beschränkt sich in ihrer Ausführung nicht auf das vorstehend angegebene bevorzugte Ausführungsbeispiel. Vielmehr ist eine Anzahl von Varianten denkbar, welche von der dargestellten Lösung auch bei grundsätzlich anders gearteten Ausführungen Gebrauch macht.

Insbesondere sind grundsätzlich auch andere, aus der Nachrichtentechnik als solche bekannte Antennen und Empfangsschaltungen für Frequenzen im kHz-Bereich

reich und analog und/oder digital modulierte Signale einsetzbar.

5 Patentansprüche

1. Telemetrievorrichtung, insbesondere für ein Gewebestimulatore-System oder einen Körperzustandssensor, mit einem in einen Körper (B) implantierten Teil (4, 5) sowie einem außerhalb des Körpers angeordneten Teil (2, 3, 6, 7), einem Sende- und einem Empfangselement (3, 6; 3.1, 6.1), einer mit dem Sendeelement (3; 3.1) verbundenen Sendeeinheit (2) zur Erzeugung elektromagnetischer Schwingungen oder Impulse und einer mit dem Empfangselement (6; 6.1) verbundenen Empfangseinheit (7) zur Verarbeitung empfangener elektromagnetischer Schwingungen oder Impulse,
dadurch gekennzeichnet, daß die Sendeeinheit (2) mit dem als Sendeantenne (3; 3.1) ausgebildeten Sendeelement und die Empfangseinheit (7) mit dem als Empfangsantenne (6; 6.1) ausgebildeten Empfangselement außerhalb des Körpers angeordnet sind, wobei Sende- und Empfangsantenne in einer festen Lage zueinander angeordnet sind, und der in den Körper implantierte Teil ein Element (5) zur Veränderung der elektromagnetischen Eigenschaften der Übertragungsstrecke zwischen Sende- und Empfangsantenne aufweist.
2. Telemetrievorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Sende- und die Empfangsantenne als Spulen (3.1, 6.1) ausgebildet sind.
3. Telemetrievorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Element (5) zur Veränderung der elektromagnetischen Eigenschaften der Übertragungsstrecke eine mit einem Signalausgang des implantierten Teiles (4) verbundene Spule mit in Abhängigkeit von ausgegebenen Signalen veränderbarem komplexem Widerstand ist.
4. Telemetrievorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Sende- und der Empfangsspule (3.1, 6.1) eine induktive Abstimmvorrichtung (8) zugeordnet ist, mittels derer eine Auslöschung des von der Sendespule im Raumbereich der Empfangsspule erzeugten Magnetfeldes vorgenommen werden kann.
5. Telemetrievorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Abstimmvorrichtung eine oder mehrere bewegbare Drahtschleife(n) bzw. -windung(en) (8) aufweist.
6. Telemetrievorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß

die Sende- und Empfangsspule (3.1, 6.1) jeweils ringförmig, insbesondere in Gestalt eines Kreises, Ovals oder Rechtecks, ausgebildet und konzentrisch zueinander im wesentlichen in derselben Ebene angeordnet sind.

5

7. Telemetrievorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß mehrere, in verschiedenen Ebenen angeordnete, Sende- und/oder Empfangsspulen vorgesehen sind. 10

8. Telemetrievorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Empfangseinheit (7) einen Triggersignaleingang (7.1) aufweist, der mit einem Triggersignalausgang (24) der Sendeeinheit (2) verbunden ist, wodurch anhand eines Vergleiches der Phase des Empfangssignals mit dem Triggersignal Phasenverschiebungen auf der Übertragungsstrecke nachgewiesen werden können. 15
20

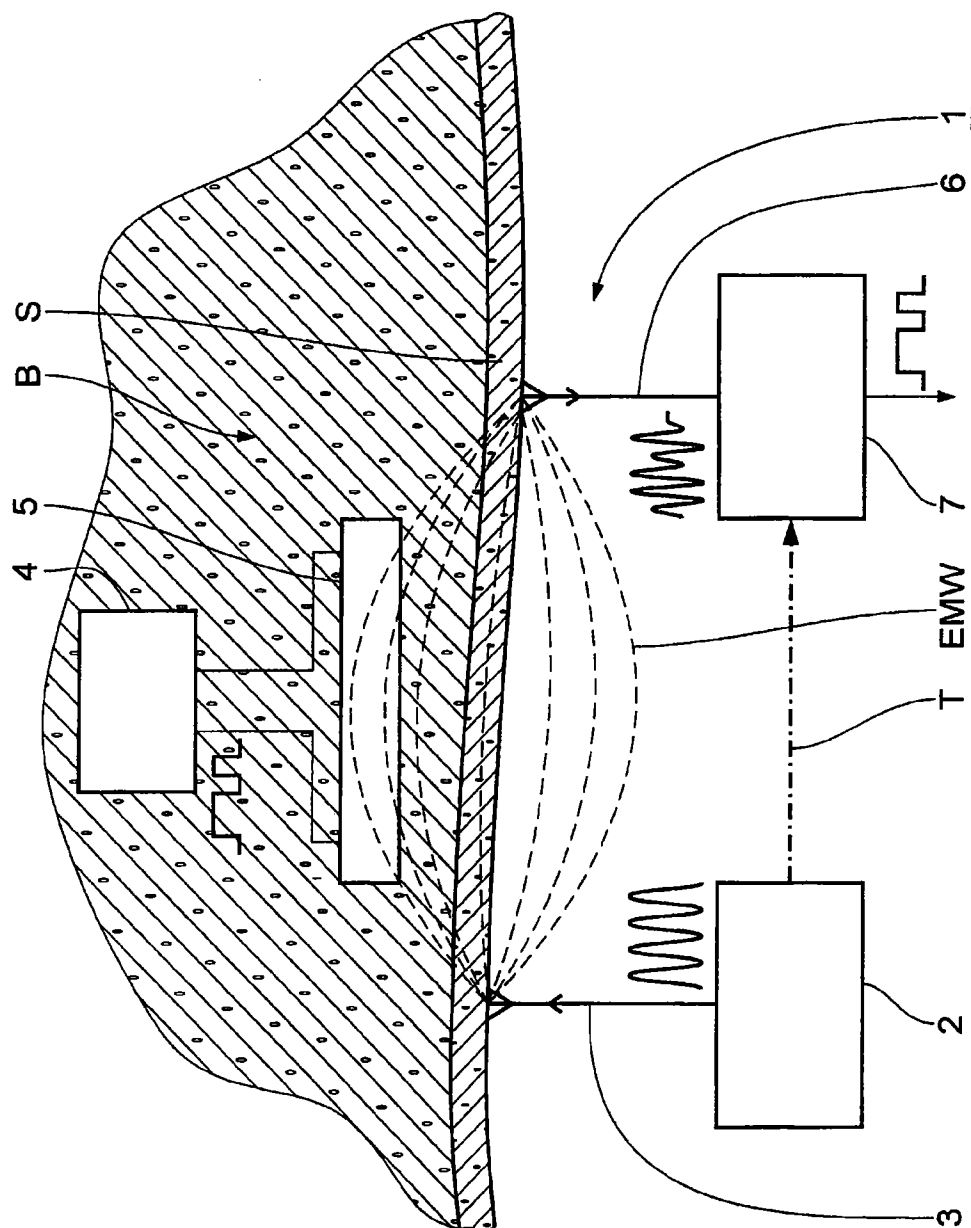
9. Telemetrievorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Empfangseinheit (7) Mittel zum selektiven Sampling zum Nachweis von Phasenverschiebungen im Empfangssignal unter Eliminierung des Einflusses von Amplitudenänderungen aufweist. 25

10. Telemetrievorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Empfangseinheit (7) eine Phasenschieberschaltung (73), eine mit deren Ausgang und einem Steuersignalausgang (24) der Sendeeinheit (2) verbundene Sample-and-Hold-Schaltung (74) und einen mit deren Ausgang verbundenen Schwellwertdetektor (75) aufweist. 30
35

11. Telemetrievorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet** daß der implantierte Teil (4) Mittel zur Umsetzung von aus dem implantierten Teil nach extern zu übermittelnder Information in Änderungen des komplexen Widerstands der mit seinem Ausgang verbundenen Spule (5) aufweist. 40
45

12. Telemetrievorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Mittel zur Umsetzung Mittel zur analogen Umsetzung und/oder eine Vorrichtung zur digitalen Verschlüsselung umfassen. 50

55



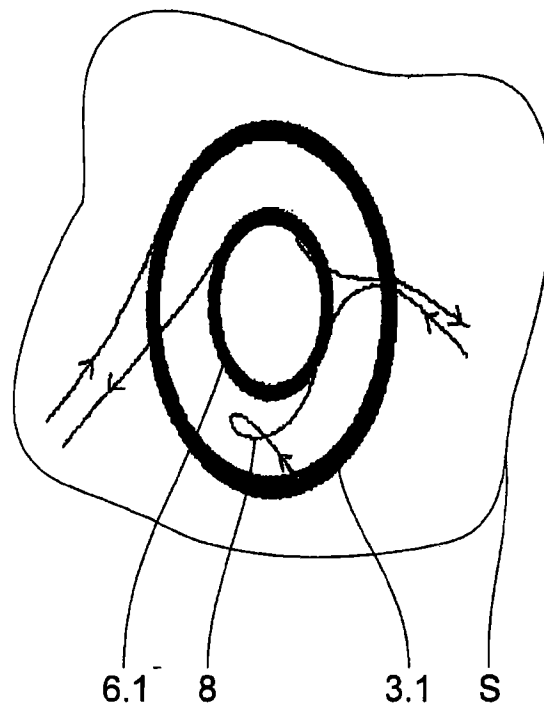


Fig.2

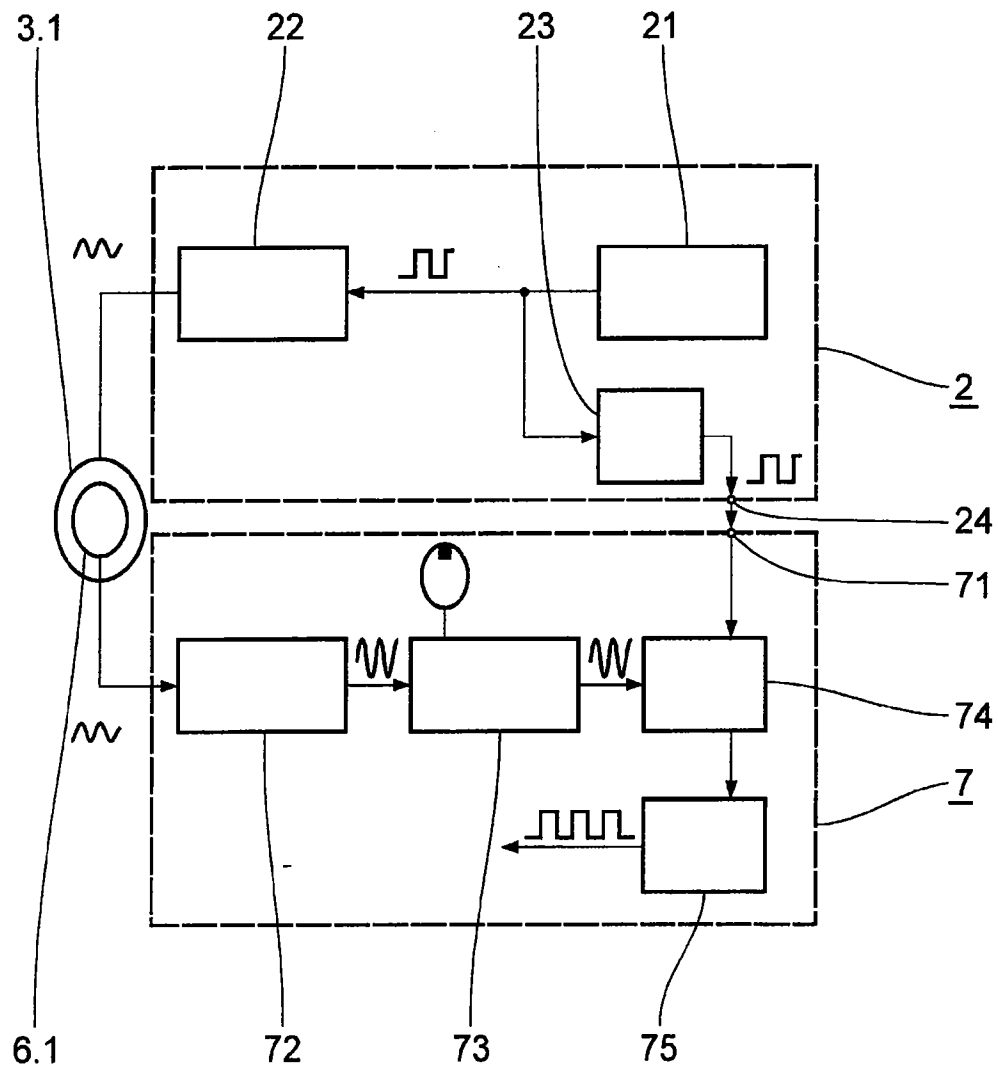


Fig.3